

Pengaruh Rasio Hibridisasi Terhadap Ketangguhan Impak, dan Sifat Lentur Pada Balok Panjang

Robby Adji Kurnianto^a, Sudarisman^b, Harini Sosiati^c

^a Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
 Jl. Brawijaya, Tamantirto, Yogyakarta 55183
 robbiadji.1212@gmail.com

Abstrak

Komposit serat merupakan jenis komposit yang paling banyak digunakan dalam aplikasi teknik. Dalam penelitian ini komposit dibuat dengan menggunakan serat ijuk / serat gelas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi lapisan serat gelas terhadap karakteristik lentur dan impak komposit *hybrid* serat ijuk / serat gelas bermatrik *polyester*.

Pembuatan komposit menggunakan teknik *hand lay-up* dan dilakukan dua pengujian yaitu bending mengacu pada ASTM D790 dan pengujian impak mengacu pada ASTM D4812. Variasi serat gelas yang dipakai yaitu 0 lapis, 1 lapis, 2 lapis dan 8 lapis.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lapisan serat gelas sangat berpengaruh pada meningkatnya nilai kekuatan *bending* dan modulus elastisitasnya. Nilai rata-rata kekuatan bending tertinggi yaitu pada variasi 8 lapis serat gelas, sebesar 361,23 MPa untuk $L/d = 32$. Modulus elastisitas tertinggi diperoleh pada variasi 8 lapis serat gelas, sebesar 17,45 GPa untuk $L/d = 32$. Variasi serat gelas juga berpengaruh pada nilai ketangguhan impak. Nilai rata-rata ketangguhan impak tertinggi diperoleh pada 8 lapis serat gelas yaitu sebesar 223832,12 J/m².

Kata kunci: Komposit *hybrid*, serat ijuk, serat gelas, uji bending, uji impak, *polyester*

Abstract

Fiber composite is type of composites that widely used in engineering application. In this research the composite was made of using sugar palm fiber / glass fiber / polyester. The purpose of the research is to determine the effect of the number of glass fiber layer on characteristic of hybrid sugar palm fiber/glass fiber/polyester matrix flexural and impact technique.

The fabrication of hand lay-up technique and bending test and impact test were conducted according to ASTM D790 and ASTM D4812 respectively. The variations of glass fiber used were 0 layer, 1 layer, 2 layers and 8 layers.

The result showed that the increase of the number of glass fiber layer resulted in the increase of bending strength and elastic modulus. The highest strength 361,23 MPa was obtained at 8 layers of glass fiber and $L/d = 32$. The highest elastic of modulus 17,45 was obtained at 8 layers at glass fiber and $L/d = 32$. The variety of glass fiber is also influential on the value of hardness impact. The highest hardness impact 223832,12 J/m² was obtained at 8 layers of glass fiber and $L/d = 32$.

Keyword: *hybrid composite, sugar palm fiber, glass fiber, bending test, impact test, polyester*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang industri saat ini telah mengalami pertumbuhan yang sangat pesat, baik di negara maju maupun berkembang. Perkembangan teknologi industri juga berpengaruh pada pengembangan di bidang rekayasa material. Berbagai upaya telah dilakukan oleh para peneliti untuk menciptakan dan mengembangkan material baru yang lebih efisien, kuat serta mampu bersaing dengan material yang telah banyak digunakan saat ini seperti logam dan kayu. Material yang telah banyak dikembangkan saat ini adalah komposit. Saat ini material komposit telah mendominasi di berbagai sektor industri mulai dari pesawat terbang, kelautan, militer, otomotif maupun alat-alat olahraga. Penggunaan komposit juga memiliki berbagai keunggulan pada sifat-sifatnya, yaitu ringan, kuat, mudah dibentuk dan tahan terhadap korosi. Material komposit yaitu material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material yang pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Serat merupakan unsur penting dalam komposit. Pada komposit umumnya serat menempati 30%-70% volume matriks. Serat sintesis yang paling banyak digunakan adalah serat gelas. Serat gelas diharapkan sebagai penopang kekuatan komposit, tegangan yang terjadi awalnya diterima oleh matrik, kemudian diteruskan kepada serat, selanjutnya serat akan menahan beban sampai dengan beban maksimum. Oleh karena itu serat gelas harus memiliki modulus elastisitas dan tegangan tarik yang lebih tinggi dari pada matrik. Serat gelas memang banyak digunakan sebagai rekayasa material atau bahan penguat polimer berdasarkan pada pendapat (Datto, 1991). Keuntungan pemakaian serat gelas adalah harganya murah, memiliki kekuatan tarik tinggi, tahan terhadap bahan kimia dan memiliki sifat isolasi yang baik. Meski begitu, karena terbuat dari kaca, bahan ini lebih mudah patah atau pecah, tingkat presisinya pun ada di bawah material lain.

Serat ijuk merupakan salah satu serat alam yang cukup melimpah di Indonesia dan dapat diperbaharui serta memiliki keunggulan dibandingkan dengan serat alami yang lain. Ijuk diproduksi oleh tanaman aren atau enau (*Arrenge pinnata*) yang sangat mudah didapat dengan harga yang murah. Pemanfaatan serat alam seperti serat ijuk, kenaf, serat sabut kelapa, serat bambu, abaca, rosella, serat nanas, serat jerami, dan serat alami yang lain yang biasa dimanfaatkan sebagai material temuan yang bersifat inovatif, bahkan gagasan yang utama untuk bahan baku industri material komposit, yakni serat ijuk. Serat ijuk digunakan untuk keperluan rumah tangga seperti sapu, tali, kedapan air, atap dan lainnya. Indonesia merupakan salah satu negara penghasil serat ijuk di dunia dengan kapasitas 164389 ton/tahunnya dan provinsi Lampung menghasilkan serat ijuk sebesar 2004 ton/tahun. (Munandar, dkk. 2013).

Jenis matrik juga akan berpengaruh terhadap sifat fisiknya, sementara yang akan berpengaruh dalam kekuatan mekanis ialah serat penguat dari bahan komposit *hybrid*. Matrik yang umumnya digunakan adalah resin *polyester*. Matrik *polyester* merupakan jenis polimer termoset yang memiliki sifat tidak bisa terurai dan tidak bisa didaur ulang. *Polyester* memiliki beberapa kelebihan diantaranya ringan, mudah dibentuk, tahan korosi dan harganya relatif murah.

Nizam (2018) meneliti kekuatan tekan dan impak material komposit *hybrid* serat ijuk dengan serat gelas bermatrik *polyester* tipe BQTN 138 yang menunjukkan bahwa nilai lapisan serat gelas sangat berpengaruh pada kekuatan tekan dan ketangguhan impaknya. Hasil menunjukkan bahwa kekuatan tekan tertinggi diperoleh pada 4 lapisan serat gelas yaitu 67,38 MPa dan untuk nilai ketangguhan impak tertinggi diperoleh pada 3 lapisan serat gelas yaitu sebesar 0,1058 (J/mm²).

Supriyadi (2017) meneliti tentang analisis sifat lentur komposit *hybrid* serat ijuk/serat gelas dengan matriks *epoxy* yang menunjukkan bahwa pada panjang span $L/d=32$ dengan rasio *hybrid* 0,2 mendapatkan nilai rata-rata kekuatan *bending* terbesar yaitu 127,659 MPa, regangan *bending* tertinggi yaitu pada $L/d=0,106$ mm/mm dan untuk modulus elastisitas tertinggi tertinggi diperoleh pada $L/d=32$ sebesar 2,018 dengan rasio *hybrid* 0,3. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan fraksi volume serat dapat mempengaruhi sifat lentur dari komposit *hybrid*.

Mahmuda dkk, (2013) yang meneliti tentang pengaruh panjang serat terhadap kekuatan tarik komposit berpenguat serat ijuk dengan matrik *polyester* yang menunjukkan bahwa

panjang serat sangat berpengaruh pada kekuatan tarik dan regangannya, semakin panjang serat maka akan semakin tinggi sifat mekanis komposit tersebut.

Idris dkk, (2018) meneliti tentang pengaruh variasi komposit berbahan *gypsum*, serat ijuk pohon aren dan resin *polyester* terhadap kemampuan meredam suara yang menunjukkan bahwa pada fraksi volume 30:20:50% memperoleh koefisien serap suara tertinggi yaitu $\alpha=0.358316$. Hal ini menunjukkan bahwa serat ijuk tidak hanya diuji untuk mendapatkan nilai mekanisnya saja tetapi dapat juga dijadikan bahan dasar yang mampu untuk meredam suara.

Dari beberapa uraian penelitian diatas menunjukkan bahwa di era globalisasi serat ijuk tidak hanya berfungsi sebagai bahan dasar pembuatan sapu, tali, dan alat-alat lainnya, tetapi lebih dari itu bahwa serat ijuk sudah sangat berkembang sebagai bahan dasar pembuatan komposit. Oleh karena itu perlu ditingkatkan kembali penelitian terutama pada komposit *hybrid* serat ijuk/serat gelas bermatrik *polyester* dengan variasi lapisan serat gelas 0, 1, 2 dan 8 lapis yang saat ini masih jarang dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui rasio *hybrid* serat ijuk/serat gelas terhadap sifat lentur dan ketangguhan impact.

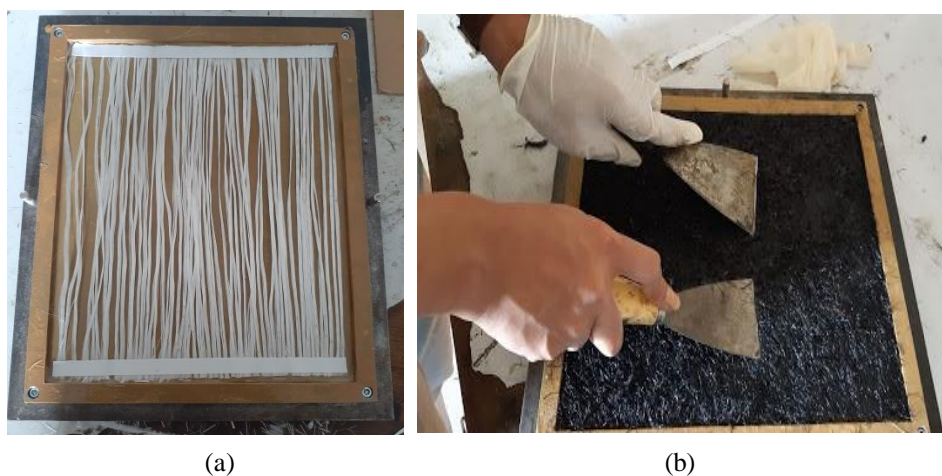
2. METODE

2.1 Preparasi Serat dan Matriks

Serat ijuk dibersihkan dengan menggunakan air untuk menghilangkan dari kotoran yang menempel, kemudian serat ijuk direndam dengan menggunakan larutan 5% NaOH dengan waktu perendaman selama 2 jam. Setelah selesai perendaman, dilakukan proses netralisasi menggunakan *aquades* selama 48 jam dengan pergantian sebanyak 8 kali setiap 6 jam. Kemudian serat ijuk ditiriskan dan dikeringkan pada suhu kamar selama 2 hari, setelah kering serat ijuk dipotong sepanjang 100 mm. Serat gelas yang digunakan yaitu serat gelas anyam yang dipotong mengikuti ukuran cetakan, kemudian anyaman serat diurai kedua arahnya yang saling tegak lurus dan disusun secara searah. Matriks yang digunakan yaitu *polyester* BQTN 268 serta katalis yang berfungsi sebagai pengeras dan mempercepat reaksi resin.

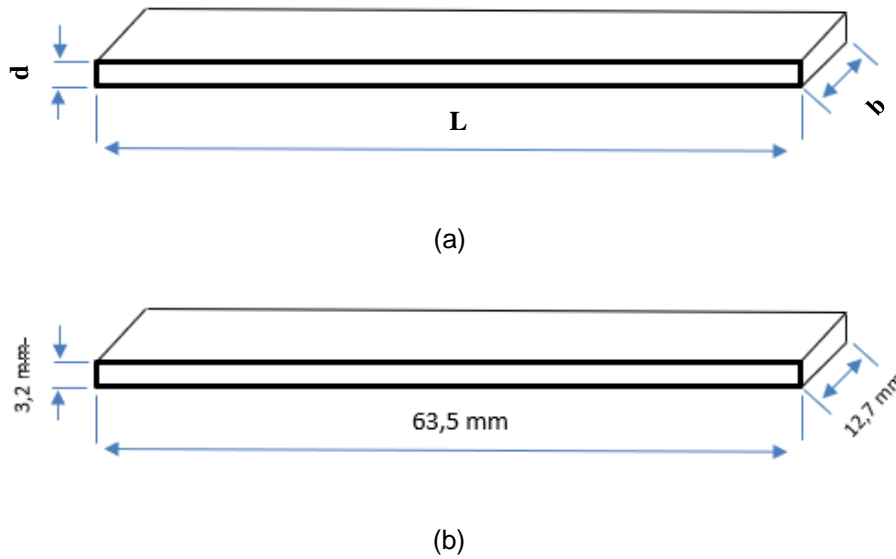
2.2 Pembuatan Plat Komposit

Komposit menggunakan fraksi volume antara serat dan matriks 30:70%. Variasi dilakukan pada perbandingan serat gelas yaitu 0 lapis, 1 lapis, 2 lapis dan 8 lapis. Variasi juga dilakukan pada perbandingan panjang span (L) terhadap tebal komposit (d) yaitu $L/d = 32$ dan $L/d = 40$. Cetakan yang digunakan mempunyai ukuran Panjang 300 mm, lebar 250 mm, dan tebal 4 mm. Setelah serat dan matriks sudah disusun ke dalam cetakan, kemudian langkah selanjutnya yaitu proses pengepresan menggunakan alat *press mold* hidrolik manual dengan waktu pengepresan selama 6 jam. Selanjutnya plat komposit yang telah selesai dipress dipotong sesuai dengan standar ASTM D790 untuk pengujian 3 *point bending* dan impact *Izod* berdasarkan ASTM D4812.



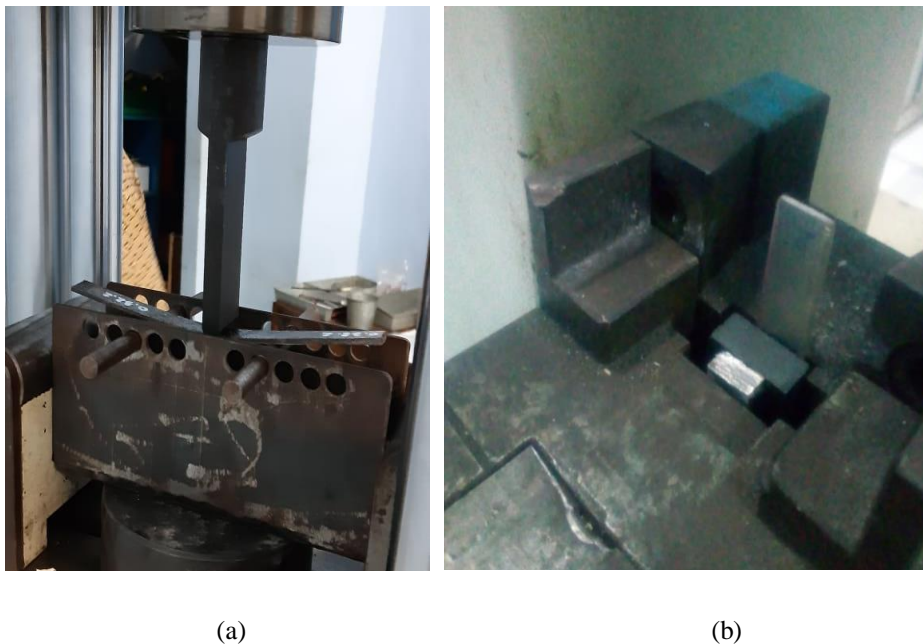
Gambar 2.1 Susunan serat yang akan dicetak (a) serat gelas dan (b) serat ijuk

2.3 Uji Bending dan Impak



Gambar 2.2 Ukuran specimen (a) spesimen bending dan (b) specimen impak

Pengujian *bending* dilakukan dengan mengacu pada ASTM D790 menggunakan mesin uji bending (zwick/roll) di politeknik ATMI Surakarta, panjang specimen $L/d = 32$ dan $L/d = 40$. Sedangkan pengujian impak dilakukan dengan mengacu pada ASTM D4812 dan dilakukan pengujian pada sisi depan specimen tanpa menggunakan takik.

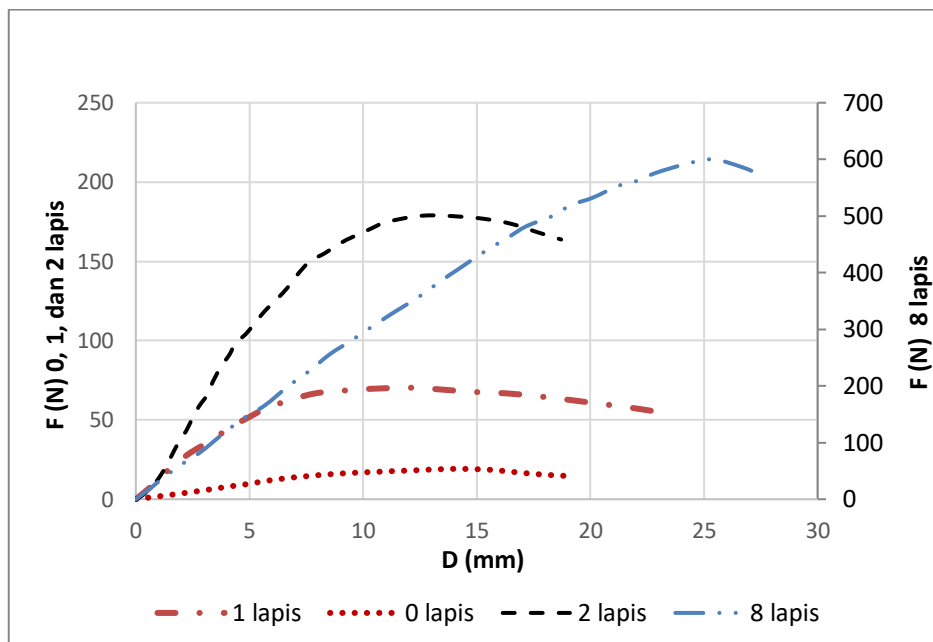


Gambar 2.3 Proses pengujian (a) pengujian *bending* dan (b) pengujian impak

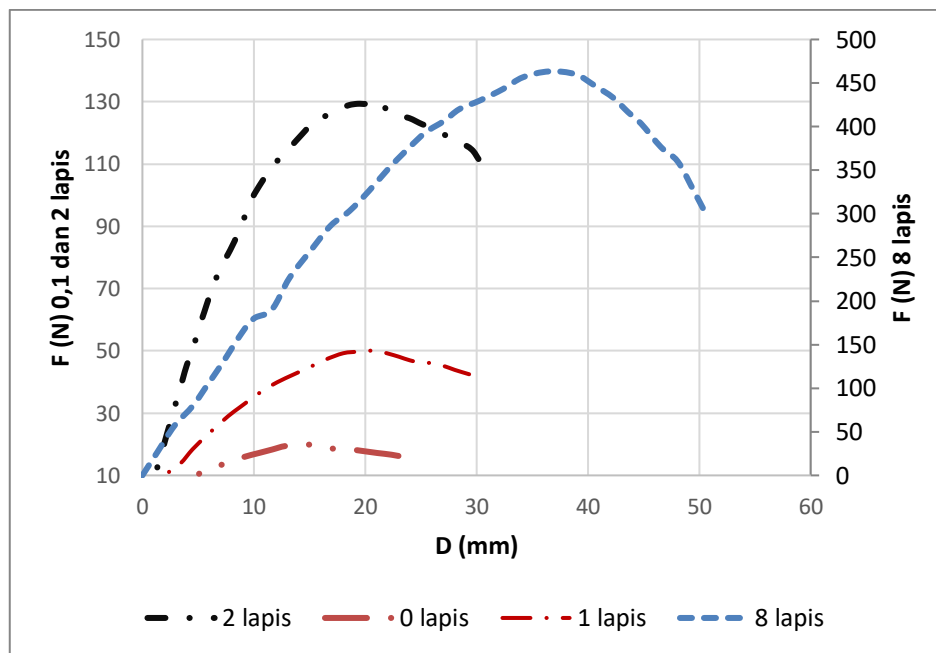
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hubungan Gaya Lintang dan Defleksi

Grafik hubungan F-D spesimen variasi panjang $L/d = 32$ dan variasi panjang $L/d = 40$ dapat dilihat pada gambar 3.1



(a)

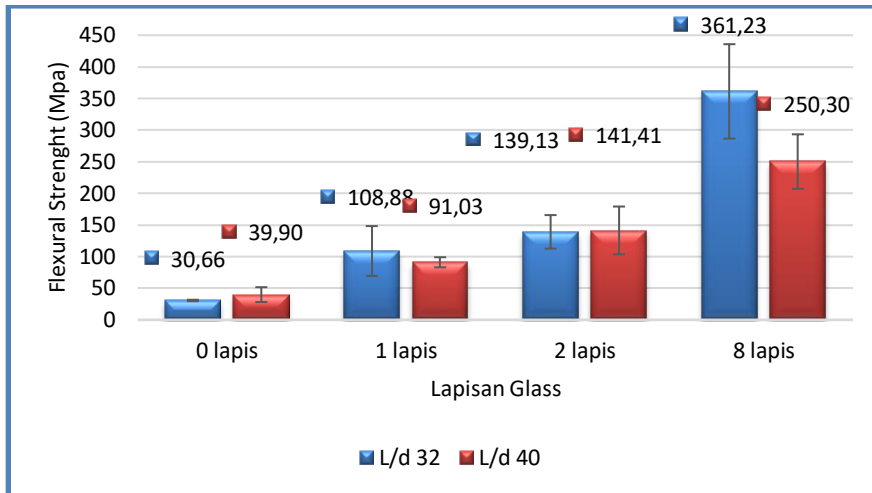


(b)

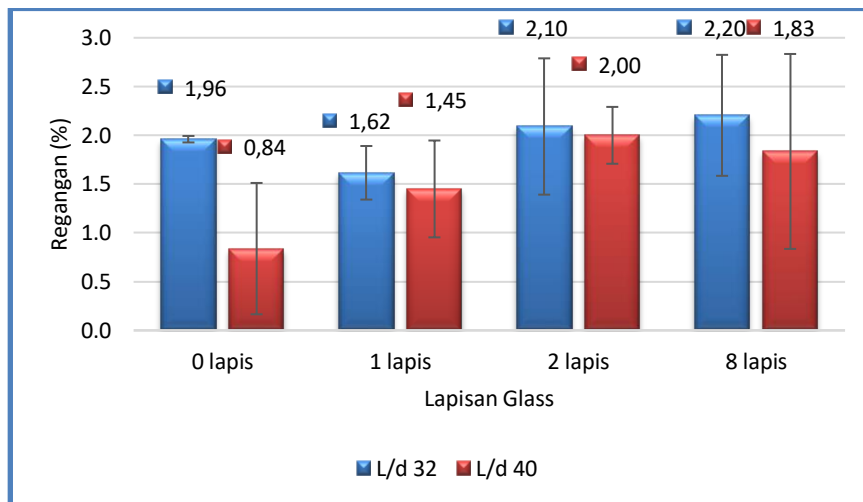
Gambar 3.1 F-D panjang (a) L/d = 32 dan (b) L/d = 40

3.2 Sifat-sifat Bending

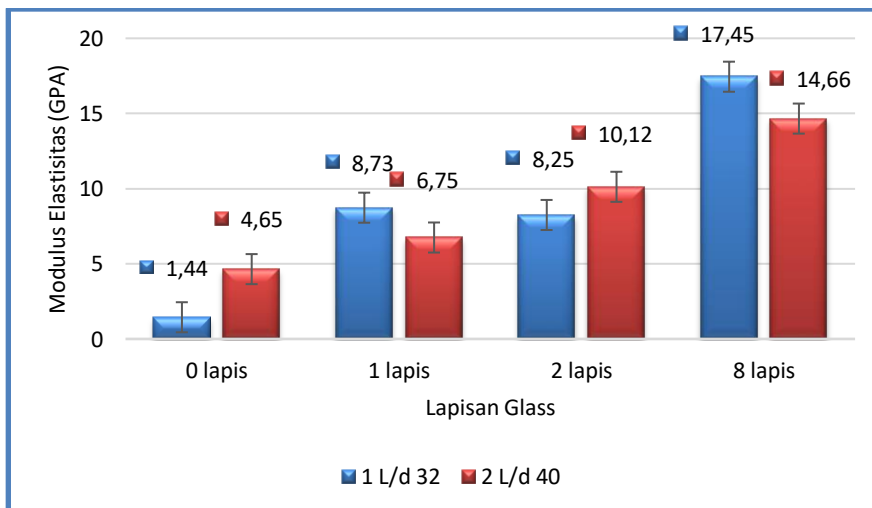
Setelah melakukan pengujian *bending*, didapatkan nilai rata – rata kekuatan *bending*, regangan *bending* dan modulus elastisitas material komposit serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik polyester pada balok panjang L/d = 32 dan L/d = 40 yang dapat dilihat pada gambar 3.2.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.2 Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap (a) kekuatan bending, (b) regangan bending dan modulus elastisitas.

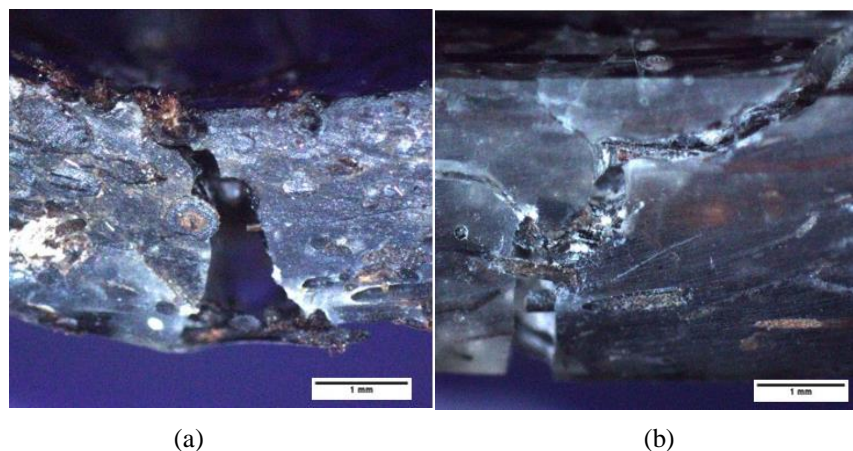
Berdasarkan gambar 3.2 komposit *hybrid* dengan panjang $L/d = 32$ menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah terjadi pada lapisan 0 serat gelas dengan nilai 30,66 MPa. Kemudian untuk kekuatan *bending* dengan nilai rata-rata tertinggi terjadi pada lapisan 8 serat gelas dengan nilai 361,23 MPa. Secara keseluruhan untuk $L/d = 32$ nilai kekuatan *bending* mengalami kenaikan seiring bertambahnya volume serat gelas. Pada komposit *hybrid* dengan $L/d = 40$ menunjukkan nilai rata-rata kekuatan *bending* terendah terjadi pada lapisan 0 serat gelas dengan nilai 30,66 MPa sedangkan untuk rata-rata nilai tertinggi yaitu pada lapisan 8 serat gelas dengan nilai 250,30 MPa. Secara keseluruhan baik pada $L/d = 32$ atau $L/d = 40$, nilai rata-rata kekuatan *bending* mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya volume serat gelas. Kemudian yang perlu diketahui bahwa pada $L/d = 32$ dengan 8 lapis serat gelas dan $L/d = 32$ dengan 1 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata kekuatan *bending* lebih tinggi dibanding dengan $L/d = 40$, kecuali untuk variasi 0 lapis dan 2 lapis serat gelas, yang nilai rata-rata kekuatan *bending* $L/d = 40$ justru lebih tinggi daripada $L/d = 32$ dengan nilai 39,90 MPa dan 141,41 MPa.

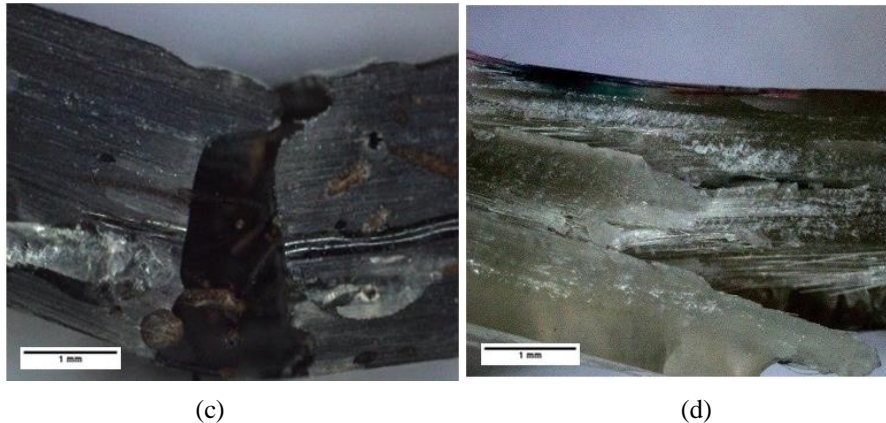
Kemudian pada regangan *bending* menunjukkan bahwa panjang $L/d = 32$ memiliki nilai rata-rata regangan *bending* yang lebih tinggi dibandingkan dengan panjang $L/d = 40$, kecuali pada variasi 2 lapis serat gelas yang memiliki nilai sama yaitu 2 %. Pada panjang $L/d = 32$ dengan 8 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata regangan *bending* sebesar 2,20 % dan untuk 1 lapis serat gelas memiliki nilai rata-rata regangan *bending* terendah yaitu sebesar 1,61 %. Pada panjang $L/d = 40$ nilai rata-rata regangan *bending* terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 0,8 % dan untuk 1 dan 2 lapis serat gelas mengalami kenaikan yaitu sebesar 1,45 % dan 2,00 % dan turun kembali pada 8 lapis serat gelas yaitu sebesar 1,83 %.

Pada modulus elastisitas dapat diketahui pada panjang $L/d = 32$ nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 1,44 GPa. Kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat pada variasi 1 lapis serat gelas sebesar 8,73 dan pada dan pada 8 lapis serat gelas diperoleh nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi yaitu sebesar 17,45 GPa. Namun pada variasi 2 lapis serat gelas nilai rata-rata modulus elastisitas menurun, yaitu sebesar 8,25 GPa. Pada panjang $L/d = 40$ nilai rata-rata modulus elastisitas terendah dimiliki oleh 0 lapis serat gelas yaitu sebesar 4,65 GPa dan nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi dimiliki oleh 8 lapis serat gelas yaitu sebesar 14,66 GPa. Kemudian nilai rata-rata modulus elastisitas meningkat seiring dengan penambahan volume serat gelas.

3.3 Foto Makro Pengujian Bending

Pengamatan foto makro ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada pengujian *bending*. Hasil pengamatan foto makro pengujian *bending* disajikan 3.3.



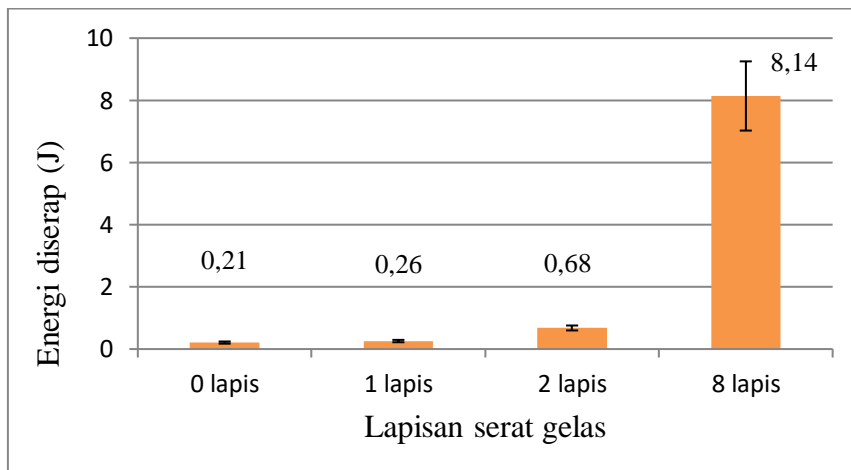


Gambar 3.3. Foto makro penampang patahan pengujian *bending*, (a) 0 Lapis serat gelas $L/d = 40$, (b) 1 Lapis serat gelas $L/d = 32$, (c) 1 Lapis serat gelas $L/d = 40$ dan (d) 8 Lapis serat gelas $L/d = 32$

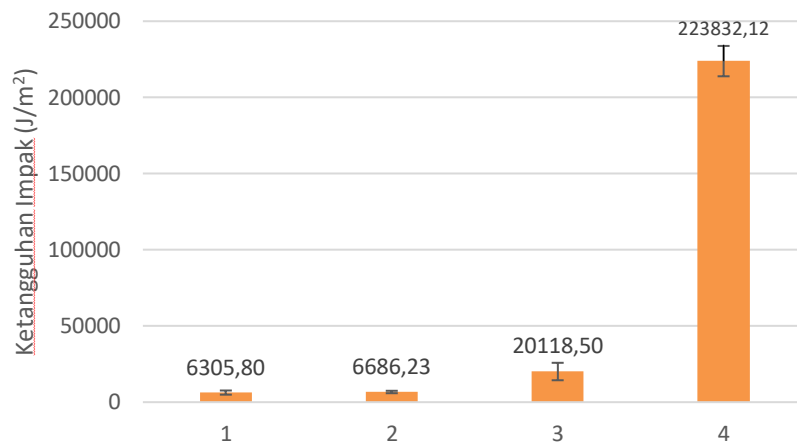
Gambar 3.3. menunjukkan karakteristik permukaan patahan pada uji bending dengan panjang $L/d = 32$ dan 40 . Patahan yang dialami pada spesimen pengujian *bending* mengalami retak pada bagian permukaan bawah, hal ini menunjukkan bahwa nilai kekuatan tarik pada komposit ini lebih rendah daripada kekuatannya. Gambar (a) dan (c) patahan yang mendominasi adalah patah tunggal, hal ini dikarenakan serat putus akibat beban tarik namun matriks tidak mampu menerima lagi beban tambahan, petahan yang terjadi pada satu bidang kontak. Gambar (b) dan (d) spesimen mengalami patah banyak dikarenakan jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan kekuatan *interface* masih baik, resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya. Gambar (d) juga mengalami delaminasi yang terjadi akibat terlepasnya lapisan serat gelas terhadap matrik yang disebabkan gaya adhesi antara penguat dan matrik yang lemah.

3.4 Sifat-sifat Impak

Pengujian impact dilakukan untuk mengetahui nilai serapan energi dan ketangguhan impact material komposit serat ijuk acak/serat gelas searah bermatrik *polyester*. Pada uji impact kali ini, posisi menguji spesimen dilakukan pada permukaan depan. Nilai serapan energi dan ketangguhan impact dapat dilihat pada gambar 3.4.



(a)



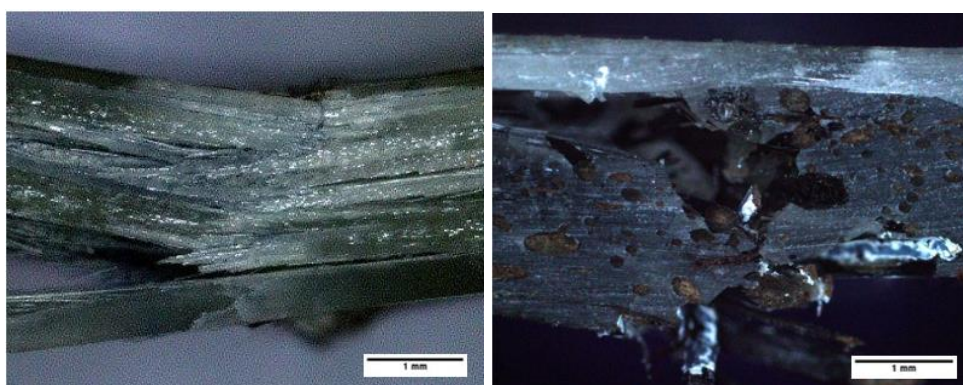
(b)

Gambar 3.4 Hubungan antara lapisan serat gelas terhadap (a) serapan energi dan (b) ketangguhan impact

Gambar 3.4 menunjukkan hasil nilai rata-rata serapan tertinggi pada variasi lapisan serat gelas 8 lapis sebesar 8,14 J, sedangkan nilai rata-rata serapan energi terendah pada variasi lapisan 0 lapis sebesar 0,21 J. Nilai rata-rata ketangguhan impact tertinggi pada variasi lapisan serat gelas 8 lapis sebesar 223832,12 J/m², sedangkan nilai rata-rata ketangguhan impact terendah pada variasi lapisan 0 lapis sebesar 6305,80 J/m². Nilai rata-rata ketangguhan impact dipengaruhi oleh luas penampang dan energi yang diserap oleh spesimen. Selain itu, jumlah lapisan serat gelas juga dapat meningkatkan ketahanan material komposit terhadap beban kejut dari pendulum.

3.5 Foto Makro Impact

Pengamatan foto makro ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik penampang patahan pada pengujian impact yang dilakukan dari arah depan. Hasil pengamatan foto makro pengujian bending disajikan 3.5.



(a)

(b)

Gambar 3.5 Foto patahan spesimen pengujian impact (a) 8 lapis serat gelas dan (b) 2 lapis serat gelas

Gambar 3.5 merupakan spesimen komposit 8 lapis serat gelas dan 2 lapis serat gelas. Pada gambar (a) mengalami patah banyak hal ini terjadi karena beban yang diberikan mampu didistribusikan oleh matrik di sekitarnya, apabila matriks mampu menahan gaya geser dan meneruskan beban keserat yang lain maka jumlah serat yang putus semakin banyak sehingga patahan yang terjadi lebih dari satu bidang. Begitu juga dengan gambar (b) yang mengalami patah banyak dikarenakan jumlah serat yang putus akibat beban tarik masih sedikit dan resin mampu mendukung beban yang diterima dengan mendistribusikan beban tersebut ke sekitarnya.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian bending dan dampak yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Penambahan lapisan serat gelas sangat berpengaruh terhadap nilai kekuatan bending, regangan bending dan modulus elastisitas. Hasil pengujian menunjukkan bahwa pada variasi serat 8 lapis memiliki nilai rata-rata kekuatan bending tertinggi yaitu sebesar 361,23 MPa pada $L/d = 32$. Dengan demikian nilai modulus elastisitasnya juga akan mengalami kenaikan, terbukti dengan 8 lapis serat gelas $L/d = 32$ yang memiliki nilai rata-rata modulus elastisitas tertinggi.
2. Penambahan lapisan serat gelas juga berpengaruh terhadap nilai ketangguhan dampak. Pada hasil pengujian dampak, menunjukkan nilai ketangguhan dampak meningkat secara kontinyu seiring meningkatnya volume dari lapisan serat gelas. Nilai ketangguhan dampak terendah pada variasi lapisan serat gelas 0 lapis sebesar 10001,241 J/m^2 , sedangkan nilai ketangguhan dampak tertinggi pada variasi lapisan serat gelas 8 lapis sebesar 223832,119 J/m^2 .

REFERENSI

- ASTM. (2015). D790-03-Standard Test Method for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulation Materials. ASTM Standards, 1-11
- ASTM. (2011). D4812-99-Standard Test Method for Unnotched Cantilever Beam Impact Resistance of Plastics 1. Annual Book of ASTM Standards, 08(C), 1-12.
- Chawla, K.K. 1987. Composite Material: Science and Engineering- Springer Verlag. New York.
- Gibson, R, F. 2016. Principles of Composite Material Mechanics Fourth Edition. ISBN 9781498720694. CRC Press 2016-02-08.
- Hamzah, Yodya Fadillah. 2017. Pembuatan dan Karakterisasi Tekan dan Dampak Komposit Hybrid Serat Ijuk Acak/Serat Gelas Anyam Bermatriks Epoksi. JPMP Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Idris., Mangalla, K., Sudia, B. 2018. Pengaruh Variasi Komposisi Komposit Berbahan Gypsum, Serat Ijuk Pohon Aren dan Resin Polyester terhadap Kemampuan Meredam Suara. Vol. 3, No. 2. e-ISSN: 2502-8944. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin.
- Kartini, H., Darmasetiawan, A., Karo., Sudirman. 2002. Pembuatan dan Karakterisasi Komposit Polimer Berpenguat Serat Alam. Indonesian Journal of Materials Science. Vol. 3, No.3, 30-38, ISSN: 1411-1098.
- Mahmuda, E., Savetlana, S., Sugiyanto. 2013. Pengaruh Panjang Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berpenguat Serat Ijuk dengan Matrik Epoxy. Jurnal FEMA., Vol. 1, No. 3.
- Munandar, I., Savetlana, S., Sugiyanto. 2013. Kekuatan Tarik Serat Ijuk (Arenga Pinnata Merr). Jurnal FEMA., Vol. 1, No. 3.
- Nizam, A., F. 2018. Pembuatan dan Karakteristik Tekan dan Dampak Komposit Hybrid Serat Ijuk Acak/Serat Gelas Anyam Bermatrik Polyester. Jurnal Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Purkuncoro, A., Djiwo, S., Rahardjo T. 2014. Pemanfaatan Komposit Hybrid sebagai Produk Panel Pintu Rumah Serat Bulu Ayam (Chicken Feather) dan Serat Ijuk (Arenga Pinata) Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Thermal Komposit Hybridmatrik Polyester. Simposium Nasional RAPI XIII-2014FT UMS. SSN 1412-9612.
- Schwartz, M.M. 1984. Cposites Material Handbook, Mc Graw Hill, New York, USA.

- Sakti, O., Arif, M. 2018. *Pengaruh Fraksi Volume Serat Komposit Hibrid Berpenguat Serat E-Glass dan Serat Ijuk (Acak-Anyam-Acak) terhadap Kekuatan Tarik dengan Matrik Poliester*. JTM., Vol. 6, No. 2, 43-48.
- Sari, H, N., Sinarep., Ahmad, T., Yudhyadi. 2011. *Ketahanan Bending Komposit Hybrid Serat Batang Kelapa/Serat Gelas dengan Matrik Urea Formaldehyde*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin., Vol. 5, No. 1, 91-97.
- Supriyadi, A. 2017. *Pembuatan dan karakteristik Lentur Komposit Hybrid Serat Ijuk Acak/Serat Gelas Searah Bermatriks Epoxy*. Jurnal Tugas Akhir Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Yudhanto, F., Sudarisman., Ridlwan, M. 2016. *Karakterisasi Kekuatan Tarik Komposit Hybrid Lamina Serat Anyam Sisal dan Gelas Diperkuat Polyester*. Jurnal Ilmiah Semesta Teknika. Vol. 19, No. 1, 48-54.